

**DE4446080****Biblio****Page 1****Drawing****esp@cenet**

## Sound absorption system for automobile

Patent Number: DE4446080  
Publication date: 1996-06-27  
Inventor(s): BEER RAINER (DE); FREYMAN RAYMOND DR (DE);  
SPANNHEIMER HELMUT (DE)  
Applicant(s): BAYERISCHE MOTOREN WERKE AG (DE)  
Requested Patent: ☐ DE4446080  
Application Number: DE19944446080 19941222  
Priority Number (s): DE19944446080 19941222  
IPC Classification: G10K11/172 ; B60R13/08  
EC Classification: B60R13/08, G10K11/172  
Equivalents:

### Abstract

The sound absorption system has a Helmholtz resonator (1) employing a sound wave pressure generator (4), allowing the absorption level and/or the bandwidth of the sound absorption system to be given by simulation of a parameter of the Helmholtz resonator independent of the hollow volume. Pref. the simulated parameter defining the absorption bandwidth of the sound absorption system is proportional to the damping of the air mass within the neck (3) of the Helmholtz resonator.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

BEST AVAILABLE COPY

**This Page Blank (uspto)**



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 44 46 080 A 1**

⑤1 Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**G 10 K 11/172**  
B 60 R 13/08

②1 Aktenzeichen: P 44 46 080.5  
②2 Anmeldetag: 22. 12. 94  
④3 Offenlegungstag: 27. 6. 96

DE 44 46 080 A 1

⑦1 Anmelder:  
Bayerische Motoren Werke AG, 80809 München, DE

⑦2 Erfinder:  
Beer, Rainer, 80937 München, DE; Freymann,  
Raymond, Dr., 85386 Eching, DE; Spannheimer,  
Helmut, 85630 Grasbrunn, DE

⑤6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht zu ziehende Druckschriften:

DE 38 12 224 C2  
DE 42 28 356 A1  
DE 42 26 885 A1

⑤4 Schallabsorptionssystem für Kraftfahrzeuge

⑤7 Bei einem Schallabsorptionssystem für Kraftfahrzeuge in Form eines eine Schalldruckerzeugungsvorrichtung enthaltenden Helmholtzresonators wird mittels der Schalldruckerzeugungsvorrichtung der Absorptionsgrad und/oder die Bandbreite des Schallabsorptionssystems durch die Simulation eines vom Hohlkörpervolumen unabhängigen Parameters des Helmholtzresonators vorgegeben.

DE 44 46 080 A 1

Die Erfindung bezieht sich auf ein Schallabsorptionssystem für Kraftfahrzeuge in Form eines Schall-druckerzeugungsvorrichtung enthaltenden Helmholtz-Resonators.

Bei Schallabsorptionsverfahren für Kraftfahrzeuge wird ein Helmholtz-Resonator als Schallabsorptionssystem eingesetzt, das insbesondere im Fahrgastraum auftretenden Stör-Schall im Bereich um die Resonanzfrequenz des Helmholtz-Resonators dämpft. Hierzu werden Helmholtz-Resonatoren derart ausgelegt, daß deren Resonanzfrequenzen den Frequenzen des zu absorbierenden Schalls entsprechen. Die Resonanzfrequenz eines Helmholtz-Resonators wird insbesondere durch das Hohlkörpervolumen des Helmholtz-Resonators bestimmt.

Aus der DE 42 26 885 A1 ist ein gattungsgemäßes Schallabsorptionssystem in Form eines aktiven Helmholtz-Resonators bekannt, der einen Lautsprecher als Schalldruckerzeugungsvorrichtung in seinem Hohlkörper enthält. Durch diesen Lautsprecher werden Schalldruckwerte im Hohlkörper erzeugt, mittels derer auch abweichend vom realen Hohlkörpervolumen beliebige gewünschte Hohlkörpervolumina simulierbar sind. Das jeweils zu simulierende Hohlkörpervolumen richtet sich nach der Frequenz des zu absorbierenden Schalls.

Ein Schallabsorptionssystem zur Schalldämpfung ist jedoch nicht nur durch die Frequenz des zu absorbierenden Schalls charakterisiert, sondern auch durch seine Bandbreite und seinen Absorptionsgrad. Durch den Absorptionsgrad eines Schallabsorptionssystems wird bestimmt, mit welcher Intensität der zu absorbierende Schall gedämpft wird. Die Bandbreite des Schallabsorptionssystems bestimmt den Frequenzbereich, innerhalb dessen der Schall über die hauptsächlich zu absorbierende Frequenz hinaus ebenfalls gedämpft bzw. absorbiert wird.

Bei dem aus der DE 42 26 885 A1 bekannten Verfahren wird lediglich auf die zu absorbierende Frequenz bzw. die zu absorbierenden Frequenzen eingegangen. Weitere Charakteristika von Schallabsorptionssystemen werden nicht behandelt.

Es ist Aufgabe der Erfindung, mittels eines Helmholtz-Resonators auf einfache Weise ein möglichst flexibles Schallabsorptionssystem zu schaffen, dessen Charakteristika mit möglichst wenig Aufwand an den jeweils zu absorbierenden Schall angepaßt werden können.

Diese Aufgabe wird durch die Merkmale der Patentansprüche 1 und 3 gelöst. Erfindungsgemäß wird ein Schalldruckerzeugungsvorrichtung enthaltender Helmholtz-Resonator derart weitergebildet, daß mittels der Schalldruckerzeugungsvorrichtung der Absorptionsgrad und/oder die Bandbreite des als Schallabsorptionssystem wirkenden Helmholtz-Resonators vorgegeben werden, indem mindestens ein vom Hohlkörpervolumen unabhängiger Parameter des Helmholtz-Resonators, der Auswirkungen auf den Absorptionsgrad bzw. die Bandbreite des Schallabsorptionssystems aufweist, simuliert wird.

Durch diese Erfindung sind die Absorptionscharakteristika Absorptionsgrad und Bandbreite unabhängig von der Resonanzfrequenz des Helmholtz-Resonators bzw. unabhängig von der Frequenz des zu absorbierenden Schalls beliebig vorgebar. Hierdurch ist eine einfache Adaption des Schallabsorptionssystems in Form eines einzigen aktiven Helmholtz-Resonators auf die jeweiligen Anforderungen an die Schallabsorption möglich.

Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind die Gegenstände der Patentansprüche 2, 4 und 5. Nach Anspruch 2 ist der zur Vorgabe des Absorptionsgrades zu simulierende Parameter proportional zur schwingenden Luftmasse im Hals des Helmholtz-Resonators. Dieser Erfindung liegt der Gedanke zugrunde, daß ein Helmholtz-Resonator einem mechanischen, gedämpften Masse-Feder-Resonanzsystem entspricht, bei dem die Masse durch die schwingende Luft im Hals bzw. in einer Querschnittsverengung der Öffnung eines Hohlkörpers und die Feder durch das Hohlkörpervolumen gebildet werden. Der zur Luftmasse proportionale zu simulierende Parameter bestimmt maßgeblich den Absorptionsgrad eines Schalls im Bereich um die Resonanzfrequenz. Dieser Parameter entspricht der Luftmasse im Hals des simulierten Helmholtz-Resonators.

Nach Patentanspruch 4 ist der zur Vorgabe der Bandbreite zu simulierende Parameter proportional zur Dämpfung der schwingenden Luftmasse im Hals des Helmholtz-Resonators. Dieser zur Dämpfung proportionale zu simulierende Parameter bestimmt maßgeblich die Bandbreite des Schallabsorptionssystems im Bereich um die Resonanzfrequenz. Dieser Parameter entspricht der Dämpfung des simulierten Helmholtz-Resonators.

Sowohl die schwingende Luftmasse als auch die Dämpfung der schwingenden Luftmasse im Hals des Helmholtz-Resonators sind Parameter, die vom Hohlkörpervolumen unabhängig sind.

Nach Patentanspruch 5 wird vorzugsweise die Simulation mittels eines elektronischen Reglers vorgenommen, in dem ein Algorithmus enthalten ist, der die zu simulierenden Parameter des Helmholtz-Resonators enthält. Vorzugsweise ist dieser Algorithmus eine Formel, die sämtliche zu simulierende Parameter unabhängig voneinander aufweist. Eine derartige Formel ist beispielsweise die Formel der Nachgiebigkeit, die durch das Verhältnis der Auslenkung der schwingenden Luftmasse zum Produkt des Schalldrucks am Halseingang und der Querschnittsfläche des Halses definiert ist. Durch diese erfindungsgemäße Weiterbildung ist beispielsweise eine Adaption des Schallabsorptionssystems auf neue Anforderungen an die Schallabsorption lediglich durch Umprogrammieren des elektronischen Reglers möglich. Konstruktive Maßnahmen an den realen Abmessungen des Helmholtz-Resonators sind durch die Simulation der von den realen Werten abweichenden Parameter eines Helmholtz-Resonators nicht notwendig.

In der Zeichnung ist ein Ausführungsbeispiel der Erfindung dargestellt. Es zeigt

Fig. 1 die einzelnen Charakteristika eines Schallabsorptionssystems allgemein,

Fig. 2 eine erste mögliche Ausgestaltung der Erfindung mit der Darstellung des Masse-Feder-Resonanzsystems, von der die Erfindung ausgeht, und

Fig. 3 eine zweite mögliche Ausgestaltung der Erfindung, die insbesondere auch die Einflüsse der Schalldruckerzeugungsvorrichtung berücksichtigt.

In Fig. 1 ist auf der Abszisse die Frequenz  $f$  und auf der Ordinate der Absorptionsgrad  $A$  dargestellt. Die Frequenz  $f_0$  zeigt die gewünschte Resonanzfrequenz des Helmholtz-Resonators, die der Frequenz des zu

absorbierenden Schalls entspricht. Die Resonanzfrequenz  $f_0$  wird vorzugsweise durch das Volumen  $V$  des Hohlkörpers 2 des Helmholtz-Resonators 1 vorgegeben (Fig. 2, Fig. 3). Eine Simulierung eines vom realen Volumen  $V$  abweichenden Hohlkörpervolumens zur Veränderung der gewünschten Resonanzfrequenz  $f_0$  gemäß dem aus der DE 42 26 885 A1 bekannten Verfahren wird auch bei vorliegender Erfindung bevorzugt angewendet. Weiterhin ist in Fig. 1 die Bandbreite  $B$  des Schallabsorptionssystems dargestellt, die aussagt, wie groß der zu dämpfende Bereich um die Resonanzfrequenz  $f_0$  sein soll. Die erforderliche Bandbreite  $B$  richtet sich nach der Art des zu absorbierenden Schalls. Beispielsweise würde eine schmale Bandbreite definiert werden, wenn ein tonaler Störschall absorbiert werden soll. Die Bandbreite  $B$  wird vorzugsweise durch Simulation der Dämpfung  $d$  (vgl. Fig. 2) eingestellt. Der Absorptionsgrad  $A$  in Fig. 1 bestimmt die Intensität der Absorption des Störschalls bei der Resonanzfrequenz  $f_0$  bzw. innerhalb der Bandbreite  $B$  um die Resonanzfrequenz  $f_0$ .

Bei sich änderndem Frequenzspektrum des Störschalls können alle zu simulierenden Parameter einzeln oder gemeinsam entsprechend nachgeführt werden. Beispielsweise werden die zu simulierenden Parameter derart nachgeführt, daß Störgeräusche, die aufgrund bestimmter Motorordnungen bei sich ändernder Brennkraftmaschinendrehzahl entstehen, absorbiert werden.

Zur Erkennung der zu absorbierenden Störgeräusche und zur Abstimmung des Helmholtz-Resonators darauf kann folgendermaßen vorgegangen werden:

Beispielsweise ist es möglich, das Schallabsorptionssystem in Form des aktiven bzw. zu simulierenden Helmholtz-Resonators auf zeitabhängige, störende Frequenzkomponenten abzustimmen. Durch einfache Reglerübertragungsfunktionen können die Charakteristika des Schallabsorptionssystems (Resonanzfrequenz, Dämpfung, Luftmasse) variabel in Echtzeit auf die Frequenz des jeweils zu absorbierenden Störschalls (z. B. Motorordnung im Kraftfahrzeug) oder des momentan störendsten Innengeräusches abgestimmt werden, wobei auch mehrere Frequenzen gleichzeitig absorbiert werden können.

Zur Ermittlung der zeitabhängigen, störenden Frequenzkomponenten in einem Kraftfahrzeug wird beispielsweise folgendermaßen vorgegangen:

Mit einem Schalldrucksensor (Mikrofon) wird der Schalldruck im Empfangsraum (Fahrzeuginnenraum) und/oder an einem Ort, an dem die Anregung des Störschalls nennenswerten Schalldruck erzeugt (z. B. in/an Schalldämpferanlagen, Abgasanlagen, Ansaugstutzen oder Lüftungsschächten; im Motorraum; zwischen Verkleidung und Karosserieblechen, im Teppich), erfaßt. Alternativ oder zusätzlich wird mit einem Vibrationsensor, z. B. einem Beschleunigungs-, Schnelle- oder Wegaufnehmer, an einer Stelle, die von der störenden Anregung nennenswert zum Schwingen angeregt wird (z. B. Motor, Getriebe, Abgasanlage, Fahrwerk, Karosserie, Blechflächen, Scheiben, Innenraumverkleidungen, Gelenkwellenlager) die Beschleunigung, die Schnelle oder der Weg erfaßt.

Die erfaßten Signale werden ggf. mit einem den Gehöreigenschaften nachgebildeten Filter, um aus dem physikalischen Zeitsignal die subjektiv störenden Frequenzkomponenten ermitteln zu können, und/oder mit einem Hochpaß, Bandpaß oder Tiefpaß gefiltert.

Entspricht die Anregung einer Motorordnung, dann ist es auch möglich, die Drehzahl und daraus die Anregungsfrequenz als digitalen Zahlenwert von der elektronischen Brennkraftmaschinensteuerung zu erhalten. Für geschwindigkeitsabhängige Anregungen (z. B. Gelenkwellenordnungen) kann man zur Ermittlung der Anregungsfrequenz einen digitalen Wert von der Motor- und/oder Getriebeelektronik über die Geschwindigkeit und/oder den gewählten Gang auswerten.

Eine Kombination von gleichzeitig frequenzkonstanter und frequenzvariabler Absorption bei gleicher oder unterschiedlicher Bandbreite ist ebenfalls möglich. Beispielsweise werden Abrollgeräusche frequenzkonstant breitbandig und gleichzeitig Motorordnungen bzw. Gelenkwellenordnungen frequenzvariabel tonal absorbiert.

In Fig. 2 ist ein Helmholtz-Resonator 1 dargestellt, mit einem realen Volumen  $V$  des Hohlkörpers 2. Der Helmholtz-Resonator 1 weist eine Öffnung in Form eines Halses 3 am Hohlkörper 2 auf. In dem in Fig. 2 dargestellten Beispiel weist der Hals 3 eine Länge  $L$  und eine Querschnittsfläche  $a$  auf. Innerhalb des Halses 3 schwingt eine Luftmasse  $m$  mit einer Auslenkung  $x$ . Wird der Helmholtz-Resonator als Resonanzsystem vom Typ Masse-Feder betrachtet, wird die Federsteifigkeit durch die Steifigkeit der Luft im Volumen  $V$  bestimmt. Durch die Reibung zwischen der Luftmasse  $m$  und der Innenwand des Halses 3 tritt eine Dämpfung  $d$  auf, die ebenfalls die Auslenkung  $x$  der schwingenden Luftmasse  $m$  beeinflusst.

Im Hohlkörper 2 des Helmholtz-Resonators 1 ist ein Lautsprecher 4 als Schalldruckerzeugungsvorrichtung angeordnet. Der Lautsprecher 4 dient vorzugsweise als Innenwandteil des Hohlkörpers 2. Bei ruhender Membran des Lautsprechers 4 liegt ein passiver Helmholtz-Resonator 1 mit realen Parameterwerten, insbesondere für das Hohlkörpervolumen  $V$ , die Luftmasse  $m$  und die Dämpfung  $d$ , vor. Durch Ansteuerung des Lautsprechers 4 sind diese realen Parameter des Helmholtz-Resonators veränderbar. Es werden die Parameterwerte simuliert, durch die die gewünschten Charakteristika des Schallabsorptionssystems erreicht werden.

Hierzu wird der Lautsprecher 4 über einen Regler 6 mit einem entsprechenden Spannungssignal  $U$  als Ansteuersignal beaufschlagt. Der Regler 6 erhält als Eingangssignal das Signal eines Schalldrucksensors 5, z. B. in Form eines Mikrofons, der die Schalldruckwerte  $p_a$  an einem gewünschten Ort im Fahrgastinnenraum erfaßt. Im Regler 6 sind die gewünschten Charakteristika des Schallabsorptionssystems, nämlich die hauptsächlich zu absorbierende Frequenz  $f_0$ , die Bandbreite  $B$  und der Absorptionsgrad  $A$ , abgelegt. Der elektronische Regler 6 weist einen Algorithmus 7 auf, der alle zur Einstellung der gewünschten Charakteristika zu simulierenden Parameter, nämlich das Hohlkörpervolumen  $v$ , die Dämpfung  $d$  und die Luftmasse  $m$  sowie ggf. auch Charakteristika des Lautsprechers 4, enthält. Vorzugsweise ist der Algorithmus 7 folgende Formel für die Nachgiebigkeit des Helmholtz-Resonators:

$$\frac{x}{a \cdot p_a} = \frac{1}{m} \cdot \frac{1}{4\pi^2} \cdot \frac{1}{f_0^2 - f^2 + 2j \cdot f_0 \cdot f \cdot d}$$

5

Die zu absorbierende Frequenz wird als gewünschte Resonanzfrequenz  $f_0$  vorgegeben, die z. B. durch die Simulation eines entsprechenden Hohlkörpervolumens  $V$  eingestellt werden kann. Der gewünschten Bandbreite  $B$  und dem gewünschten Absorptionsgrad  $A$  werden eine entsprechende Dämpfung  $d$  und eine entsprechende Masse  $m$  zugeordnet. Die Luftmasse  $m$  und die Dämpfung  $d$  werden bei vorgegebener Resonanzfrequenz  $f_0$  derart bestimmt, daß sich beispielsweise eine gewünschte Nachgiebigkeit ergibt. Die gewünschten zu simulierenden Parameterwerte werden im Regler 6 derart weiterverarbeitet, daß zu deren Erzeugung ein geeignetes Spannungssignal  $U$  zur Ansteuerung des Lautsprechers 4 gebildet wird. Durch die Messung der daraufhin entstehenden Druckwerte  $p_a$  im Fahrgastinnenraum mittels des Mikrofons 5 können im Regler die Soll- und Ist-Werte des zu absorbierenden Schalls verglichen und nachgeregelt werden. Der Regler 6 weist vorzugsweise ein PD $\dot{T}_K$ -Übertragungsverhalten auf.

Der Regler 6 kann beispielsweise derart ausgebildet sein, daß durch das Ansteuersignal  $U$  die Sollwerte der zu simulierenden Parameter des Helmholtz-Resonators 1 in Form einer Differenz zu den realen Ist-Werten der Parameter  $V$ ,  $m$ ,  $d$  des passiven Helmholtz-Resonators 1 erzeugt werden. Hierzu ist beispielsweise eine Initialisierungsroutine im Regler 6 vorgesehen, durch die mittels Vorgabe eines definierten Ansteuersignals  $U$  und mittels der Messung der dadurch entstehenden Druckwerte  $p_a$  im Fahrgastinnenraum die Ist-Werte der Parameter  $V$ ,  $m$ ,  $d$  des passiven Helmholtz-Resonators 1 ermittelt werden. Hierdurch ist eine automatische Adaption des Reglers 6 auf konstruktive Änderungen, wie z. B. Änderungen der realen Parameter des Helmholtz-Resonators, möglich.

Anhand von Fig. 3 wird dargestellt, daß der Hals 3 des Helmholtz-Resonators 1 funktionell als beliebige Querschnittsverengung in der Öffnung des Hohlkörpers 2 eines Helmholtz-Resonators 1 verstanden wird. In Fig. 3 ist der Hals 3 des Helmholtz-Resonators 1 als großflächige siebartige Abdeckung des Hohlkörpers 2 ausgestaltet. Eine derartige siebartige Abdeckung kann beispielsweise eine übliche Lautsprecherabdeckung in Kraftfahrzeugen sein. Hierdurch ist es möglich, daß das erfindungsgemäße Schallabsorptionssystem mit üblichen Lautsprecherboxen als passive Helmholtz-Resonatoren realisiert werden kann. Weiterhin ist in Fig. 3 gestrichelt dargestellt, auf welche Weise das Schallabsorptionssystem derart weitergebildet werden kann, daß Störeinflüsse des Schallabsorptionssystems durch die Charakteristika des Lautsprechers 4, insbesondere durch dessen Frequenzgang, kompensiert werden können. Beispielsweise kann hierzu im Regler 6 eine Erweiterung vorgesehen sein, die zur Bildung des Ansteuersignals  $U$  ein Signal berücksichtigt, das durch einen Sensor 8 zur Erfassung der Membranbewegung des Lautsprechers 4 gebildet und als zweites Eingangssignal dem Regler 6 zugeführt wird. In Abhängigkeit von dem Signal des Sensors 8 kann im Regler 6 dem Ansteuersignal  $U$  ein Signal überlagert werden, das zur Linearisierung des Übertragungsverhaltens des Lautsprechers 4 führt.

Alternativ zu einem Sensor 8 an der Membran des Lautsprechers 4 kann auch über einen Sensor 10 der Schalldruck im Volumen 9 hinter dem Lautsprecher 4 erfaßt werden, der ebenfalls proportional zur Membranbewegung des Lautsprechers 4 ist. In Fig. 3 ist weiterhin dargestellt, daß die Kompensation des Lautsprechereinflusses entweder in einem eigenständigen Regler 11 unabhängig vom Regler 6 durchgeführt werden kann, daß aber auch die Kompensation des Lautsprechereinflusses in den Regler 6 mit der Ansteuerung des Lautsprechers 4 zur gewünschten Schallabsorption kombiniert werden kann.

Darüber hinaus wird ergänzend angemerkt, daß jedoch das erfindungsgemäße Schallabsorptionssystem für beliebig viele Frequenzen anwendbar ist und durch geeignete Programmierung des Reglers 6 auch mit nur einem Helmholtz-Resonator 1 realisierbar ist. Beispielsweise würde im Algorithmus 7 im Fall mehrerer zu absorbierender Frequenzen die Summe aller Nachgiebigkeiten für jede zu absorbierende Frequenz enthalten sein. Somit ist es erfindungsgemäß auch möglich, sowohl zeitlich aufeinanderfolgend als auch gleichzeitig verschiedene Nachgiebigkeiten mit unterschiedlichen Resonanzfrequenzen  $f_0$ , Steifigkeiten des Hohlkörpervolumens  $V$ , Massen  $m$  und Dämpfungen  $d$  nachzubilden. Insbesondere die Formel für die Nachgiebigkeit spiegelt das Übertragungsverhalten eines Helmholtz-Resonators 1 wieder, wobei das Hohlkörpervolumen  $V$ , die Masse  $m$  und die Dämpfung  $d$  beliebige, auch von den realen Parameterwerten abweichende Werte annehmen können.

Der Schalldrucksensor 5 zur Regelung der zu simulierenden Parameter  $V$ ,  $m$ ,  $d$  des erfindungsgemäßen Schallabsorptionssystems kann je nach Anforderung z. B. in der Nähe des Halses 3 des Helmholtz-Resonators 1 oder nahe am Ort des Empfängers angebracht sein.

Ergänzend wird darauf hingewiesen, daß die zu simulierende Nachgiebigkeit auch unabhängig vom verwendeten Resonator-Hals einstellbar ist. Hierdurch ist es möglich, eine Hals-Anordnung mit nur geringer realer Dämpfung zu verwenden. Dadurch eignet sich der Lautsprecher im aktiven Helmholtz-Resonator auch zur Wiedergabe von anderen Nutzsignalen, wie z. B. der Radioanlage, des Telefons, einer Warnanlage oder eines Sound-engineering-Systems. Das durch die Regelung veränderte Übertragungsverhalten des Lautsprechers erfordert hierbei eventuell eine geeignete Vorfilterung des Nutzsignals. Das Nutzsignal wird dem Regelungssignal an geeigneter Stelle im Regelkreis aufaddiert.

Durch die Erfindung wird ein einfaches Schallabsorptionssystem mit allen wesentlichen Absorptionscharakteristika geschaffen, das als virtueller simulierter Helmholtz-Resonator wirkt und dessen Grundlage lediglich ein beliebig ausgestalteter Helmholtz-Resonator ist, in dem zur Erzeugung der virtuellen Helmholtz-Resonatoren eine Schalldruckerzeugungsvorrichtung enthalten ist.

## Patentansprüche

1. Schallabsorptionssystem für Kraftfahrzeuge in Form eines eine Schalldruckerzeugungsvorrichtung enthaltenden Helmholtzresonators, **dadurch gekennzeichnet**, daß mittels der Schalldruckerzeugungsvorrichtung (4) der Absorptionsgrad (A) des Schallabsorptionssystems durch die Simulation eines vom Hohlkörpervolumen (V) unabhängigen Parameters des Helmholtzresonators (1) vorgegeben wird. 5
2. Schallabsorptionssystem nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der zur Vorgabe des Absorptionsgrades (A) zu simulierende Parameter proportional zur schwingenden Luftmasse (m) im Hals (3) des Helmholtzresonators (1) ist.
3. Schallabsorptionssystem für Kraftfahrzeuge in Form eines eine Schalldruckerzeugungsvorrichtung enthaltenden Helmholtzresonators, dadurch gekennzeichnet, daß mittels der Schalldruckerzeugungsvorrichtung (4) die Bandbreite (B) des Schallabsorptionssystems durch die Simulation eines vom Hohlkörpervolumen (V) unabhängigen Parameters des Helmholtzresonators (1) vorgegeben wird. 10
4. Schallabsorptionssystem nach Patentanspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der zur Vorgabe der Bandbreite (B) zu simulierende Parameter proportional zur Dämpfung (d) der schwingenden Luftmasse (m) im Hals (3) des Helmholtzresonators (1) ist. 15
5. Schallabsorptionssystem nach einem der Patentansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Simulation mittels eines elektronischen Reglers (6, 10) vorgenommen wird, der einen Algorithmus (7) aufweist, der die zu simulierenden Parameter (V, m, d) des Helmholtzresonators (1) enthält. 20

---

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

---

